

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :
(A n'utiliser que pour les
commandes de reproduction).

2 500 768

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 81 03940

(54) Creuset démontable, procédé de fabrication, et cellules solaires au silicium ainsi obtenues.

(51) Classification internationale (Int. Cl. 3). B 22 C 3/00; B 22 D 7/08; H 01 L 31/18.

(22) Date de dépôt..... 27 février 1981.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 35 du 3-9-1982.

(71) Déposant : LABORATOIRES D'ELECTRONIQUE ET DE PHYSIQUE APPLIQUEE, LEP, société
anonyme, résidant en France.

(72) Invention de : Christian Belouet et Jacques Schneider.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Pierre Gendraud, société civile SPID,
209, rue de l'Université, 75007 Paris.

CREUSET DEMONTABLE, PROCEDE DE FABRICATION, ET CELLULES SOLAIRES AU
SILICIUM AINSI OBTENUES

L'invention concerne un creuset démontable en plusieurs éléments de base, ainsi que l'utilisation de ce creuset en vue d'obtenir un matériau de base pour des cellules solaires. L'invention a trait à la fabrication d'éléments photovoltaïques, plus spécifiquement aux
05 cellules solaires à base de silicium polycristallin.

Ces cellules solaires sont destinées notamment à des usages terrestres, usages pour lesquels la notion de coût de l'énergie solaire est un moteur puissant aux innovations technologiques.

La technologie classique, qui procède du silicium monocristallin tiré en lingot, de diamètre aussi grand que 100 mm, et scié
10 sous la forme de disque, s'est avérée relativement coûteuse pour être industrialisée à une grande échelle.

Une voie prometteuse semble être le tirage en continu de bandes de silicium polycristallin, et l'on citera pour mémoire le brevet
15 déposé au nom de la Demanderesse, le 7 Février 1975, sous le numéro 75 03 926 et complété par divers certificats d'addition, brevet décrivant un procédé dit de "léchage" d'une masse de silicium liquide par un (ou plusieurs) ruban(s) de carbone.

L'invention ressort également de cette filière en ce
20 qu'elle est relative à la fabrication de cellules solaires, à base de silicium polycristallin. Mais elle en diffère en ce qu'il ne s'agit pas de tirage en continu.

Le but poursuivi par l'invention consiste à obtenir un creuset, démontable et réutilisable, dans lequel il est possible de re-
25 cristalliser un lingot polycristallin de silicium, utilisable notamment

pour la fabrication de cellules solaires.

Le creuset, selon la présente invention, est remarquable en ce que les éléments de base qui le constituent, ont leur face interne recouverte d'une couche de pyrocarbone, ou sont entièrement en pyro-
5 carbone.

De cette manière, après refroidissement d'une masse de silicium liquide et recristallisation en vue d'obtenir un bloc de silicium polycristallin, il est possible de décoller les éléments du creuset très facilement et de l'utiliser plusieurs fois.

10 Selon une réalisation de l'invention, la couche de pyrocarbone qui recouvre (ou constitue) lesdits éléments a une épaisseur au moins égale à 50 microns.

En effet, le décollage des éléments du creuset, du bloc de silicium, provoque à chaque opération un arrachement d'une partie de
15 la couche de pyrocarbone sur une épaisseur qui peut atteindre 15 microns et une utilisation répétée de ce creuset suppose donc au moins une telle épaisseur.

Selon une autre réalisation de l'invention, lesdits éléments forment les faces d'un parallélépipède rectangle.

20 De cette manière, il est possible d'obtenir des blocs de silicium, de forme simple, dont la découpe permet notamment d'obtenir des cellules solaires rectangulaires, dont l'assemblage en panneaux solaires conduit à un meilleur facteur de remplissage.

Enfin, lesdits éléments de base peuvent être rendus solidaire
25 daires par un cerclage, de manière à éviter toute fuite de matériau lors du remplissage du creuset par du silicium fondu.

La description qui va suivre, en regard des dessins annexés, donnés à titre non limitatif, permettra de mieux comprendre l'invention et d'en apprécier sa portée.

30 La figure 1 est une vue en perspective éclatée du creuset selon la présente invention, et

la figure 2 une vue en coupe.

Le creuset, selon la présente invention, tel que représenté à la figure 1, en une vue en perspective éclatée, se compose de plu-
35 sieurs éléments 1 à 5, dont les faces internes sont en ou sont recouvertes d'une couche de pyrocarbone.

Par pyrocarbone, on entend dans la suite du présent mémoire un matériau à base de carbone obtenu soit par traitements thermiques successifs à haute température ($\theta > 2200^{\circ}\text{C}$), d'un substrat de carbone, soit par dépôt par pyrolyse (destruction pyrogénique de molécules organiques lourdes, telles que des composés aliphatiques) à cette même température. Sa structure cristallographique est sous la forme d'un empilement de plans, assemblés par des forces relativement faibles, du type forces de Van der Waals. Ainsi, peuvent-ils glisser facilement les uns par rapport aux autres, et se cliver sans difficultés suivant leur direction. En outre, il présente une plus faible réactivité que les autres variétés de carbone telles que le carbone isotrope ou le graphite, par rapport au silicium, due semble-t-il au fait qu'il ne présente pas de bords libres et à sa très grande pureté.

De cette manière, le bloc de silicium, obtenu par refroidissement d'un bain liquide de silicium et cristallisation dans ledit creuset, adhère très faiblement à la paroi du creuset, et il est facile de décoller les éléments de base, sous réserve de l'arrachement d'une faible couche de pyrocarbone, en tout cas inférieure à 15 microns, dû au clivage à proximité de l'interface par suite des contraintes induites lors du refroidissement.

De cette manière, le creuset peut être utilisé plusieurs fois et ce d'autant mieux que la couche de pyrocarbone a une épaisseur plus importante, au moins supérieure à environ trois fois l'épaisseur arrachée à chaque opération, car si cette épaisseur est trop proche de celle-ci elle peut être arrachée en une seule opération. Préférentiellement, il convient d'utiliser un creuset dont les éléments de base sont recouverts d'une couche de pyrocarbone, d'épaisseur supérieure à 50 microns, ou dont les éléments de base sont en pyrocarbone.

Selon l'art antérieur, il est connu d'un précédent brevet déposé au nom de la Demanderesse, le 12 octobre 1962, publié sous le numéro 1 343 740 et intitulé : "Procédé de fabrication de lames de silicium, et photodiodes obtenues à partir de ces lames", l'utilisation d'un creuset recouvert de pyrographite. L'invention en diffère toutefois, dans une assez large mesure, en ce que le creuset est démontable et peut de ce fait être utilisé plusieurs fois, alors que selon l'art antérieur le creuset restait solidaire du silicium, et pouvait servir de contact, l'ensemble constituant une photodiode. En outre, ce

creuset présente de nombreux avantages par rapport aux autres creusets disponibles dans le commerce :

- il n'est pas nécessaire de le briser pour récupérer le bloc de silicium,

5 - ses parois étant recouvertes de pyrocarbone, il n'y a pas de contamination du silicium, ni par le carbone, ni par ses impuretés de constitution.

La figure 2 est une vue en coupe du creuset, selon l'axe II-II' de la figure précédente, et montre ainsi assemblés, par exemple par un anneau de cerclage 6, les éléments de base 3, 4, 5, dont la face interne est recouverte de pyrocarbone 3', 4' et 5' et l'élément 7 de couverture, destiné à éviter un refroidissement trop rapide du bain de silicium, en sa partie supérieure, ce qui conduirait à des crevasses en surface.

15 L'invention concerne également le procédé de fabrication de cellules solaires, qui consiste en les étapes suivantes :

- montage du creuset à partir de ses éléments de base et cerclage par un anneau de fixation ;

- remplissage par un bain de silicium fondu ;

20 - pose de l'élément de couverture et refroidissement lent jusqu'à la température ambiante ;

- démoulage du bloc de silicium ;

- découpage en plaques ou disques ;

- traitement de diffusion d'impuretés en surface, et de prise de contact, en vue de l'obtention de cellules solaires.

25 Cette dernière étape n'étant pas plus précisément décrite ici, comme ne faisant pas partie à proprement parler de l'invention, mais elle peut être complétée par l'état de l'art en la matière, et l'on pourra se reporter par exemple à la publication
30 ACTA ELECTRONICA, Vol. 18, N°4, Octobre 1975, pour ce faire.

Il est bien évident pour l'homme de l'art que de nombreuses variantes sont imaginables, sans pour cela faire oeuvre d'esprit, par exemple dans la géométrie du creuset, que l'on a représenté sous la forme simple d'un parallélépipède rectangle, mais qui peut varier de multiples manières, sans sortir pour cela du cadre de la présente invention, telle que revendiquée ci-après.

REVENDICATIONS :

1. Creuset démontable en plusieurs éléments de base (1 à 5), caractérisé en ce que lesdits éléments ont leur face interne en ou recouverte d'une couche de pyrocarbone.
- 05 2. Creuset démontable selon la revendication 1, caractérisé en ce que la couche de pyrocarbone a une épaisseur au moins égale à 50 microns.
3. Creuset démontable, selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que lesdits éléments forment les fa-
10 ces d'un parallélépipède rectangle.
4. Creuset démontable, selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que lesdits éléments sont rendus solidai-
res par un cerclage (6).
5. Procédé de fabrication de cellules solaires, à
15 base de silicium polycristallin, par refroidissement d'un bain li-
quide de silicium dans un creuset, caractérisé en ce que l'on utili-
se un creuset démontable selon l'une des revendications 1 à 4.
6. Cellules solaires obtenues par la mise en oeuvre
du procédé, selon la revendication 5.

1/1

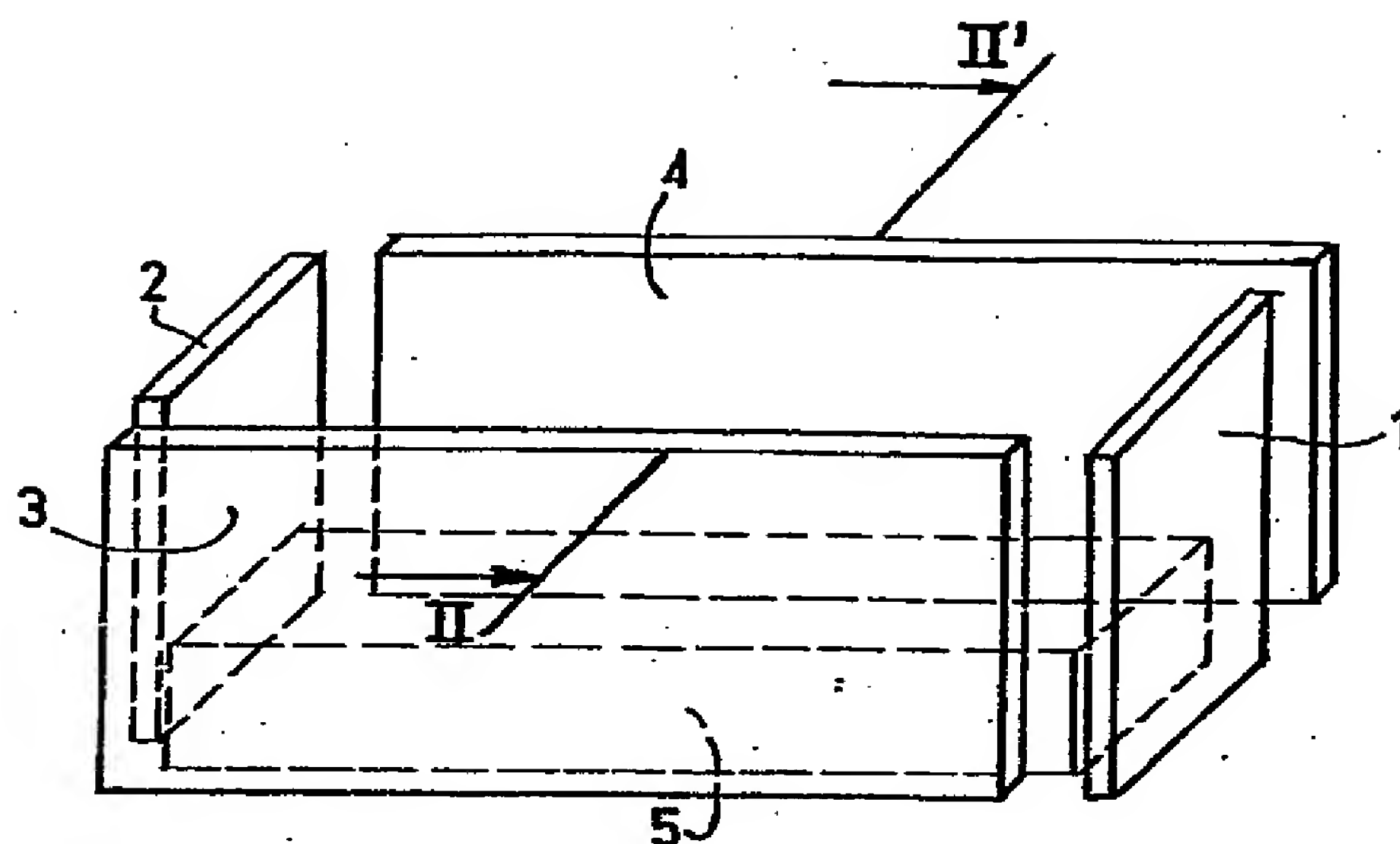


FIG. 1

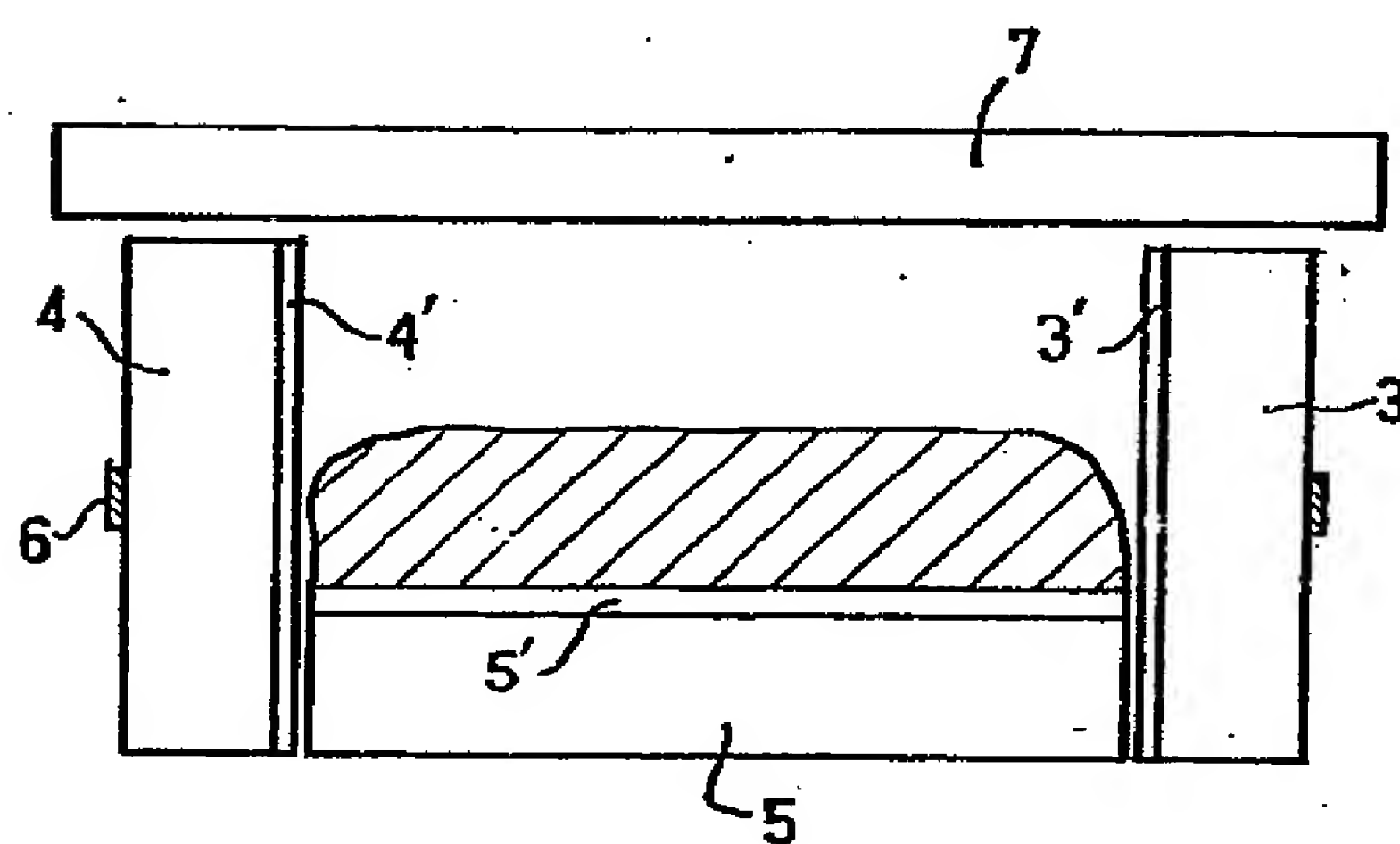






FIG. 2

CREUSET DEMONTABLE, PROCEDE DE FABRICATION, ET CELLULES SOLAIRES AU SILICIUM AINSI OBTENUES**Publication number:** FR2500768 (A1)**Publication date:** 1982-09-03**Inventor(s):** BELOUET CHRISTIAN; SCHNEIDER JACQUES**Applicant(s):** LABO ELECTRONIQUE PHYSIQUE [FR]**Classification:****- International:** C30B11/00; C30B35/00; C30B11/00; C30B35/00; (IPC1-7): B22C3/00; B22D7/08; H01L31/18**- European:** C30B11/00D; C30B35/00B**Application number:** FR19810003940 19810227**Priority number(s):** FR19810003940 19810227**Also published as:** FR2500768 (B1)**Cited documents:** FR1343740 (A) FR2344455 (A1) US3139653 (A) FR1301121 (A)**Abstract of FR 2500768 (A1)**

L'INVENTION CONCERNE UN CREUSET DEMONTABLE EN PLUSIEURS ELEMENTS DE BASE, REMARQUABLE EN CE QUE CES ELEMENTS DE BASE ONT LEUR FACE INTERNE RECOUVERTE D'UNE COUCHE DE PYROCARBONE, OU SONT ENTIEREMENT EN PYROCARBONE.</P>

Data supplied from the esp@cenet database — Worldwide

Abstract of FR 2500768 (A1)

The invention relates to a crucible dismountable into base elements excellent in that the base elements have their inner surface covered with a pyrolytic carbon layer, or are entirely made of pyrolytic carbon.